



Universidad Simón Bolívar

Departamento de Procesos y Sistemas

Ingeniería Ambiental II, Tratamiento de agua

PS-5223

**Diseño de Instalaciones Sanitarias para el Aula Abierta**

Profesor:

Fernando Morales

Integrantes:

Daniel Méndez, 03-36176

Katherine Hidalgo, 05-38336

Vilem Spalek, 05-38969

Sartenejas, 19 de julio de 2010

## Introducción

Las aulas abiertas son salones de clases hechos al aire libre con el fin de que tanto estudiantes como profesores puedan compartir conocimientos en un ambiente natural y en compañía de la naturaleza. Estas aulas están ubicadas en la parte posterior de casa del empleado, como a unos 60 metros de esta, y actualmente carecen de baños por lo que en caso de necesitarlo hay que dirigirse hasta los baños de casa del empleado lo cual no es nada práctico si se está viendo clase en ese momento.

De acorde con esta necesidad se planteó la idea de crear un baño en ese lugar, pero no un baño común con su suministro de agua y conectado a una tubería de aguas negras, en su lugar se propuso buscar una alternativa ecológica que no requiriera tubería de aguas negras, tuviera un mínimo consumo de agua y también contara con autoabastecimiento de agua.

Luego de revisar la bibliografía se encontraron dos sistemas que engloban el diseño requerido, el primero es un baño seco el cual no requiere agua para ser utilizado siendo su principal baza la de separar la orina de las heces fecales mediante un inodoro con dos agujeros, lo que permite disponer la orina directamente sobre el suelo inferior al baño, mientras que las heces fecales se depositarían en una caja dispuestas con materiales desecantes como paja, tierra seca y cal, que ayudaran a las heces a secarse y descomponerse en un tiempo determinado hasta convertirse en abono que luego puede ser removido de la caja y usado en las siembras.

El segundo es un sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia, el cual permitirá que el baño cuente con agua limpia para lavarse las manos. Este sistema consta de tres elementos principales, el primero es un techo que funcionará como área de recolección del agua de lluvia, el segundo es un tanque de almacenamiento con un sistema simple de filtrado para remover impurezas y el tercero es el lavamanos que contará con un sistema hidráulico de bombeo para impulsar el agua desde el tanque de almacenamiento.

## Marco Teórico

En Chile y algunos países de Latinoamérica se ha implementado el uso de las llamadas letrinas secas o unidades sanitarias secas como una solución alternativa para el reemplazo de fosas sépticas o pozos negros como sanitarios de zonas rurales.

Estas letrinas secas tuvieron su origen aproximadamente en los años 50 en Vietnam y una de las principales ventajas es que no requieren el uso de agua lo cual las convierte en una excelente tecnología aplicable a zonas con problemas de abastecimiento de este servicio. Además de esto, las letrinas secas se caracterizan por tener un tratamiento in situ de los excrementos, la separación de la orina y heces, descomposición anaeróbica o aeróbica y unidades de tipo familiar.

Básicamente, las letrinas Vietnamita constituye un recipiente dividido en dos cámaras, cada una de aproximadamente un volumen de 300 litros, ubicada en un piso de sólido de concreto, ladrillo o barro. La cámara se encuentra cubierta con una losa donde el usuario se coloca en cuclillas, existen dos agujeros uno para colocar los pies y otro por donde sale la orina, los dos agujeros con tapas. Detrás de las cámaras existen dos puertas para remover el abono maduro, las cuales se encuentran cerradas hasta que se evacuan.

Antes que la cámara sea usada por primera vez, los miembros de la casa cubren el fondo con una capa de tierra espolvoreada o una cama de hojas, pajas o viruta, cuyo propósito es absorber la humedad de la excreta. Cada vez que una persona defeca espolvorea ceniza sobre las heces. Las cenizas absorben humedad, neutralizan malos olores, haciendo a las heces menos atractivas a las moscas.

La orina es separada y recolectada en la letrina en un recipiente. Por lo que, en la cámara sólo hay heces, cenizas, tierra y papel higiénico, encontrándose el contenido seco y compactado. El tratamiento para la orina consiste en la dilución de la misma con agua a una proporción de 1 a 4, para reducir el olor y poder reutilizar la mezcla por ejemplo para un jardín. Este tratamiento también se puede sustituir por uno en el que se utilice un recipiente lleno con cal y cenizas que reciba la orina. El inconveniente de este tratamiento es que puede ocurrir la evaporación del amoníaco, perdiéndose el nitrógeno nutriente.

En algunos países latinoamericanos se han implementado un tipo de letrina abonera seca familiar (LASF), la cual tiene el mismo principio de funcionamiento que la letrina vietnamita, con la diferencia de que contiene una taza especial que permite separar las heces de la orina.

El sanitario LASF cuenta con dos cámaras construidas sobre el nivel del piso; cada una de ellas con un volumen aproximado de 60 centímetros cúbicos. Desde un

colector, la orina fluye por una manguera hacia un pozo de absorción debajo de la cámara (en América Central no se utiliza la orina como fertilizante). Las heces caen directamente en la cámara de tratamiento. Después de utilizar el servicio, el usuario espolvorea sobre la excreta algún material secante como ceniza, tierra, o una mezcla de tierra o aserrín y cal. El papel higiénico usado, de acuerdo con la tradición latina, se deposita en un bote colocado al costado de la taza, para después quemarlo. Así, la cámara sólo recibe heces y cenizas (o el material secante que se utilice). Cada semana, con una vara, una persona mezcla el material y le agrega más cenizas.

Cuando la primera cámara está casi llena, se le agrega tierra hasta el borde y se cierra la taza. En ese momento se habilita la segunda cámara. Un año después, o cuando la segunda cámara está casi llena, se abre la primera. Una familia de 5-6 miembros producirá anualmente casi medio metro cúbico de materia deshidratada desodorizada.

Tanto para el caso del uso de la letrina vietnamita como los sanitarios LASF, los resultados han sido muy alentadores, tanto desde el punto de vista sanitario, como del punto de vista cultural, aspecto que se ha visto demostrado por el gran número de usuarios, principalmente campesinos, los cuales utilizan el abono que se obtiene de las letrinas con resultados muy satisfactorios.

### **Sistema de Captación y suministro de agua**

Siendo la línea del proyecto un baño ecológico se decidió diseñar un sistema de captación de agua de lluvia para disminuir el consumo de este recurso y con el fin de cumplir con el requerimiento único de agua en el baño, que para este caso corresponde al lavamanos.

A continuación se describen los componentes del sistema de captación del agua de lluvia diseñado para este proyecto.

El sistema de captación está compuesto por los siguientes sistemas:

1. Área de captación
2. Sistema de Conducción
3. Infraestructura de almacenamiento
4. Filtración y tratamiento

## 1. Área de Captación

Esta área consiste en la superficie sobre la cual cae la lluvia. Generalmente, se utilizan los techos de las edificaciones como áreas de captación. Los materiales de construcción de estos techos deben asegurar que no se desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua de lluvia. Adicionalmente, los techos deben tener el tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente adecuada que facilite el escurrimiento del agua al sistema de conducción.

Existen diferentes techos que se pueden emplear para la captación del agua de lluvia, entre ellos tenemos: Techos, techos cuencas y laderas.

### a. Techos

Para las edificaciones de las zonas urbanas los techos pueden estar contruidos a partir de concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio; en las zonas rurales éstos pueden ser de láminas de asbesto, lámina galvanizada, madera y paja. De igual forma se pueden utilizar superficies impermeables como canchas, patios y estacionamientos que no desprendan residuos o contaminantes al contacto con el agua. Además se debe verificar que la estructura del techo pueda soportar el peso de las canaletas más el agua de lluvia.



Figura 1. Techo de casa

### **b. Techos Cuenca**

Está conformado por dos superficies que convergen en un canal central que permite la conducción del agua de lluvia al tanque de almacenamiento por medio de gravedad.



Figura 2. Ejemplo de techo cuenca

### **c. Laderas**

Si el área de captación de los techos resulta insuficiente, se puede utilizar una ladera que requiera las mínimas actividades de movimiento de tierras (relleno, nivelación y compactación), posteriormente se recubre toda la superficie con algún material impermeable como: plástico de invernadero, geomembrana, y concreto.



Figura 3. Captación de agua en ladera

## **2. Sistemas de Conducción**

El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas con tubo de PVC.

Las canaletas se instalan en los bordes más bajos del techo, en donde el agua de lluvia tiende a acumularse antes de caer al suelo; el material debe ser liviano,

resistente, fácil de unir entre sí, que no contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos; por lo que se recomienda se coloquen mallas que detengan basura, sólidos y hojas, para evitar la obstrucción del flujo en la tubería de conducción. Asimismo, se deben hacer en los techos labores de limpieza a inicio de la época de lluvias.

Los materiales utilizados son: aluminio, lámina galvanizada, PVC y recursos maderables de cada región. Actualmente se ha visto que los arquitectos, ingenieros y dueños de casas consideran estructuras diversas para la colección del agua de lluvia.



Figura 4. Canaleta de recolección y ejemplo de rejilla

### 3. Infraestructura de almacenamiento

Son cisternas o tanques donde se almacena el agua de lluvia captada, que puede utilizarse, previo al tratamiento para uso doméstico durante todo el año.

Los materiales utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento pueden ser los siguientes:

- **Plásticos:** Fibra de vidrio, polietileno y PVC
- **Metales:** Barril de acero (se corroe y oxida), tanques de acero galvanizado (se corroe y oxida).
- **Concreto:** Ferrocemento (se fractura), piedra (de difícil mantenimiento) y bloque de concreto (se agrieta).
- **Madera:** Madera roja, abeto, ciprés (es eficiente pero cara).

A continuación se describen varios tipos de cisternas construidas con los diferentes materiales mencionados anteriormente:

### **a. Tanques o cisternas de ferrocemento**

Estas cisternas son rápidas de construir, igualmente los materiales se consiguen fácilmente para que los mismos usuarios las construyan. Tienen la ventaja de ser de bajo costo, uso reducido de materiales, no se necesita molde y son de fácil de reparación. Como desventajas de estos tanques podemos señalar: El agua se calienta con facilidad, por lo que la cisterna siempre tiene que ser pintada de blanco, la obra no puede ser interrumpida pues las capas subsecuentes del aplanado no se adhieren suficientemente entre sí lo cual puede ocasionar pérdidas de agua por filtración, estas cisternas no son recomendadas en zonas sísmicas ya que pueden fracturarse, sobre todo si están secas.



Figura 5. Construcción de tanque de ferrocemento

### **b. Cisternas de concreto**

La capacidad de almacenamiento de estas cisternas es de 5 a 35 m<sup>3</sup>; cuando las dimensiones son mayores se construyen en el sitio seleccionado. La calidad del agua almacenada depende de los acabados realizados sobre sus paredes y el material utilizado para impermeabilizar. Las cisternas pueden estar sobre la superficie del suelo, enterradas o semienterradas.

### **c. Cisternas de cemento-tabique**

Están construidas con arcilla horneada y arena cementada. Tienen las siguientes desventajas: son de baja flexibilidad ya que los materiales de construcción no resisten desplazamientos y movimientos sísmicos. En dimensiones mayores la construcción resulta con altos costos comparativos y mayor cantidad de material cementante, además necesitan estructuras de soporte como cadenas, mezcla de arena con cemento para el recubrimiento de las paredes para su impermeabilización.



Figura 6. Cisterna de cemento-tabique

#### **d. Cisternas de metal**

Es el material más utilizado en la construcción de cisternas y tanques que almacenan agua de lluvia. El acero galvanizado no es resistente a la corrosión, pero es frecuentemente más resistente a la oxidación. En los tanques nuevos podría existir un exceso de zinc el cual puede afectar el sabor del agua de lluvia almacenada. Estos tanques deben lavarse con agua antes de usarse.



Figura 7. Cisterna de metal

#### e. Tanque de polietileno

Son ampliamente utilizados para el almacenamiento de agua ya que estos varían en forma, tamaño y color, pueden ser usados superficialmente o enterrados, son fáciles de transportar e instalar, durables, flexibles y con acabados sanitarios para agua potable. Existen presentaciones de 0.5 a 25 m<sup>3</sup> de capacidad.



Figura 8. Tanque de polietileno

#### 4. Filtración y tratamiento

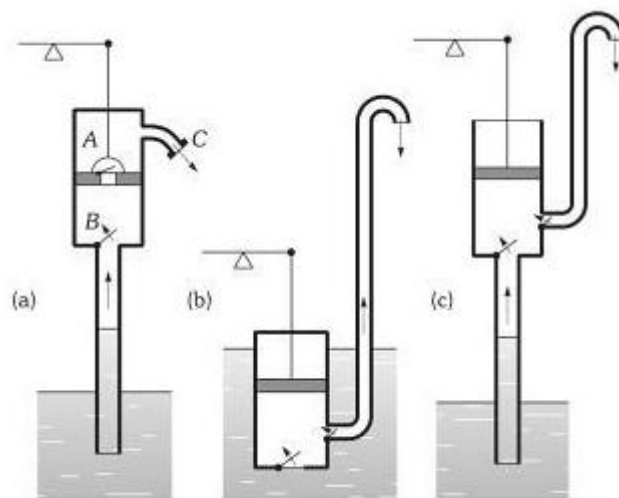
Cuando el agua de lluvia es captada de los techos, se debe instalar un tanque para almacenar temporalmente las primeras lluvias contaminadas por basura, hojas y polvo, para utilizarla en el riego de frutales, hortalizas u otras aplicaciones que no requieran una alta calidad del agua. El dispositivo más sencillo consiste en colocar una malla a la mitad de un pote de 19 litros, el cual recibirá el agua de lluvia de arriba, y en la parte del fondo se adapta a la tubería de la línea de conducción que conduce al tanque de almacenamiento.

En los sistemas de captación del agua de lluvia a nivel comunitario se puede reducir la turbidez mediante la construcción e instalación de un sedimentador o bien la instalación de un filtro modular de sedimentos; su construcción consiste en un cuerpo de PVC hidráulico, con un sistema filtrante de arenas y gravas sílicas; su ubicación es en la parte superior de la cisterna cementada a la red principal justo antes de la descarga del agua pluvial. El material filtrante debe estar siempre limpio y sus capas deben ser removidas y lavadas durante la época de lluvias.

## Sistema de bombeo manual del agua

### Bombas hidráulicas

Están destinadas a elevar agua a alturas no superiores a 10 m. El movimiento de vaivén del émbolo produce efectos análogos a los de la máquina neumática. El agua sube al recinto B por la depresión en él producida en la elevación del émbolo y pasa a la región A durante el descenso, saliendo por el tubo C al exterior, en un nuevo ascenso. Si el líquido fuese mercurio la altura máxima que podría subir sería 76 cm. La altura máxima para una elevación de agua es:  $76 \times 13,6 = 1033 \text{ cm} = 10 \text{ m}$ . Esta altura máxima varía con la presión atmosférica del lugar. Conforme la presión disminuye, la altura máxima de la elevación de agua disminuye.



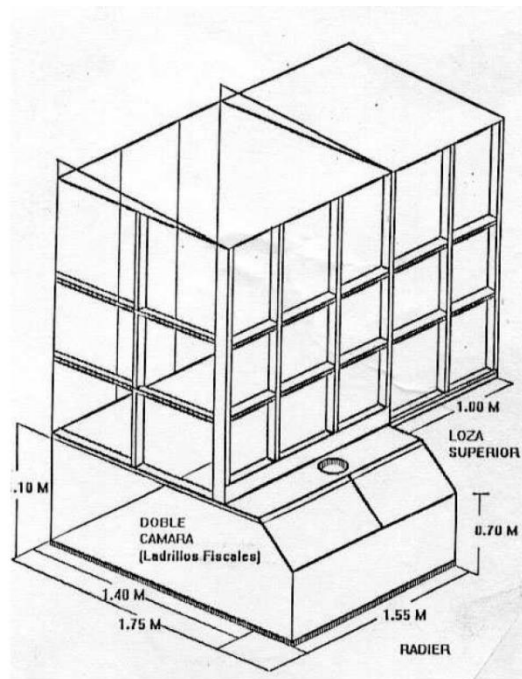
- **Bomba aspirante de émbolo alternativo:** En una "bomba aspirante", un cilindro que contiene un pistón móvil está conectado con el suministro de agua mediante un tubo. Una válvula bloquea la entrada del tubo al cilindro. La válvula es como una puerta con goznes, que solo se abre hacia arriba, dejando subir, pero no bajar, el agua. Dentro del pistón, hay una segunda válvula que funciona en la misma forma. Cuando se acciona la manivela, el pistón sube. Esto aumenta el volumen existente debajo del pistón, y, por lo tanto, la presión disminuye. La presión del aire normal que actúa sobre la superficie del agua, del pozo, hace subir el líquido por el tubo, franqueando la válvula-que se abre- y lo hace entrar en el cilindro. Cuando el pistón baja, se cierra la primera válvula, y se abre la segunda, que permite que el agua pase a la parte superior del pistón y ocupe el cilindro que está encima de éste. El golpe siguiente hacia arriba hace subir el agua a la espita y, al mismo tiempo, logra que entre más agua en el cilindro, por debajo del pistón. La acción continúa mientras el pistón sube y baja. Una bomba aspirante es de acción limitada, en ciertos sentidos. No puede proporcionar un chorro continuo de líquido ni hacer subir el agua a través de una distancia mayor a 10 m entre la superficie del pozo y la válvula inferior, ya que la presión normal del aire sólo puede actuar con fuerza

suficiente para mantener una columna de agua de esa altura. Una bomba impelente vence esos obstáculos.

## El baño ecológico

Entre las diversas tecnologías existentes para sistemas sanitarios basados en la descomposición, ha sido seleccionada la de “El Baño Ecológico Seco” propuesta por **TerritorioSur**<sup>®</sup> (2002-2010 Cooperativa de Trabajo para el Desarrollo Sustentable - TerritorioSur - Latinoamérica - Chile) por su practicidad y disponibilidad de espacio.

El baño ecológico es un sistema de disposición de excretas, que separa la orina de estas, por medio de una taza separadora. No usa agua para su operación. El sistema se basa en la alternancia de dos cámaras, mientras una está en uso, la otra permanece en reposo.



Ejemplo de doble cámara

La materia fecal queda separada de las aguas grises, orina y suelo, permitiendo así su descomposición en una de las cámaras aisladas del ambiente, que adquiere temperatura y ventilación gracias a la captación de energía solar a través de las

cubiertas de las cámaras y el tubo de ventilación, evitando todo riesgo sanitario. El producto final de las cámaras, es un abono inocuo y puede ser usado para plantar árboles por ejemplo.

La orina puede utilizarse de dos maneras para regar las plantas. La primera es infiltración en el suelo, y la segunda es recuperar la orina en un recipiente y diluirla para ser utilizada como nutriente. La dilución recomendada en el último caso es de 1 litro de orina por 5 litros de agua. En caso de dilución habría que aportar sólo la cantidad de agua necesaria, con el fin de estar cerca de la concentración conveniente y no derrochar el agua, ya que ése es el objetivo del baño seco.

### **Condiciones de uso del baño seco**

TerritorioSur® recomienda las siguientes instrucciones generales para su uso y mantenimiento:

1. Asegurar que todos los usuarios comprendan bien el funcionamiento, uso y mantención del baño ecológico. En lo posible, hacerlos participar directamente de los trabajos de construcción y mantención.
2. Antes del primer uso, llenar las cámaras que se activará con una cama profunda (50 cm) pero no compacta de pasto seco, paja, hojas secas, viruta o similar (material orgánico absorbente). Si hay disponible, agregar también algo de tierra de hoja recién formada, compost o contenido ya descompuesto de un baño ecológico; con esto se dispone más rápido de la microflora y microfauna que descompone las excretas.
3. Botar a la cámara a través de la taza, regularmente (todos los días), el "aditivo seco": pasto seco, paja, hojas secas, viruta o similar, en cantidad equivalente aprox. Al volumen de excretas que se van depositando en la cámara. Esto cumple 3 funciones:
  - Facilita la adsorción, distribución y después evaporación de la humedad contenida en las excretas.
  - Le da estructura al contenido de la cámara, facilitando el acceso de aire a las excretas, lo que es una condición para la descomposición aeróbica (compostaje) y el secado.

- Por tener estos materiales contenidos altos de carbono (C) y bajos de nitrógeno (N), complementan bien las excretas que son ricas en nitrógeno pero relativamente pobres en carbono, facilitando así la labor de los microorganismos. (La relación C/N considerada como óptima para el compostaje es del orden de 20 - 30; las excretas cuentan con C/N = 6 - 10, paja 50 - 125, viruta 500). Aserrín en general es demasiado compacto y en particular el aserrín de pino no es recomendable, pues por ser ácido puede ayudar a la proliferación de polillas. Donde se dispone de ella, también es posible utilizar ceniza como aditivo. En este caso, el proceso de estabilización de las excretas responde más bien a mecanismos fisicoquímicos (alcalinización) que a microbiológicos.
4. Botar siempre el papel higiénico a las cámaras (higiene, control de moscas). Partes del papel que no llegaren a descomponerse completamente bajo las condiciones que rigen en las cámaras, podrán ser fácilmente quemadas en la ocasión del vaciado.
  5. El baño ecológico no es un basurero: los usuarios deben ser instruidos para no botar desechos inorgánicos como materiales plásticos (envases, bolsas, papel caramelo, vendas higiénicas), cigarrillos, botellas, latas, aceite etc. en las cámaras. Disponer de basureros para recibir estos desechos. Desechos orgánicos pueden generalmente ser botados en las cámaras sin problema.
  6. Aseo: no botar agua ni mucho menos cloro (mata a los microorganismos) adentro de las cámaras. Limpiar interior de la taza, asiento y tapa con **(a)** cepillo y muy poca agua pura (sin detergente ni cloro) y **(b)** un trapo húmedo con cloro. El asiento posee un inserto de plástico que se puede sacar y lavar fácilmente al exterior del baño.
  7. Periódicamente limpiar tapas exteriores de las cámaras del polvo; las superficies negras aprovechan mejor la radiación solar.
  8. En el primer tiempo de uso y hasta disponer de suficiente experiencia, se pueden abrir periódicamente (mensualmente) las tapas de cámaras

para verificar el proceso de secado y compostaje y la velocidad de llenado. En caso oportuno si necesario, revolver contenido (para agrandar superficie de evaporación), agregar "aditivo seco", tomar decisiones respecto de un aumento o disminución de la cantidad diaria de aditivo a añadir, deshacer el "volcancito" que se forma bajo la taza, apreciar el estado general del material en descomposición.

9. Controlar periódicamente hermeticidad de las cámaras. Deben existir sólo 2 posibilidades de circulación de aire por cámara: un orificio asiento (entrada aire) y una salida superior o tubo ventilación (salida aire).
10. El tubo exterior debe estar protegido con una malla mosquitera en la parte superior y bien sellado y unido a la losa en la parte inferior.

### **Materiales para el compostaje**

Como en un compost clásico, se trata de encontrar entre los diferentes elementos un equilibrio que permita asegurar: (i) una aireación suficiente, (ii) una humedad correcta y (iii) una relación C/N adecuada.

En un baño ecológico seco con taza separadora también se cubren siempre las heces con algo de materia orgánica. Al no haber suficiente humedad y materiales ricos en carbono para tratar las heces por oxidación, el tratamiento es por deshidratación. Se agregan materiales con propiedades alcalinas como la cal y la ceniza mezcladas con tierra seca como base de esta mezcla.

Casi todos los materiales orgánicos pueden ser parte del montón en el baño ecológico seco. Es recomendable no usar algunos elementos que son más lentos en descomponerse por ser duros (huesos) o por necesitar temperaturas altas prolongadas (grasas, carne, lácteos). Lo único que debemos evitar son los químicos tóxicos. Si usamos aserrín debemos asegurarnos que no tiene químicos causantes de cáncer.

La tierra es un elemento fácil de conseguir y mezclada con otros materiales resulta un agregado económico y sencillo de preparar. Cubre las heces con algo de materia orgánica y funciona como el material base en una mezcla. Generalmente se le agrega cal para aumentar sus propiedades alcalinas y como desodorante. La proporción recomendada es un tanto de cal por diez tantos de tierra. Se agrega a la

tierra seca para hacer una mezcla con la propiedad de bajar el nivel de acidez en las heces con el objeto de deshidratarlas. Es común porque ayuda a controlar los olores desagradables. Exceder la cantidad de cal es un riesgo porque puede matar a los organismos encargados del proceso de descomposición. Nunca debe usarse sólo cal como agregado. La cal no es necesaria si agregamos otro material rico en carbono, pues además de no tener malos olores, la acidez se baja con un buen balance de C/N y se logra un producto más nutritivo.

La ceniza es fácil de conseguir en lugares donde se cocina con leña, por esta razón y por sus propiedades alcalinas, también es usada en el baño ecológico seco. El aserrín es otro elemento utilizado. Si se tiene fácil acceso es mejor usar este material, pues tiene capacidad de absorción, es rico en carbono y esto ayuda a balancear la acidez.

### **Cambio de cámara, vaciado y uso del abono**

Al cabo de un período que puede variar entre 6 meses y varios años según el uso que se le ha dado al baño ecológico, llega el momento en el que la primera cámara (cámara 1) está llena y se procede a cambiar la taza a su posición sobre la segunda cámara (cámara 2). Se cubre la superficie del contenido de la cámara 1 con una capa delgada de tierra y se cierra la cámara con la tapa que hasta entonces había sellado la cámara 2.

Cuando también la cámara 2 se ha llenado, ha llegado el momento de volver con la taza sobre la cámara 1. Como el contenido de ésta en el intertanto ha completado el proceso de descomposición y estabilización (y reducido considerablemente su volumen), se puede continuar de dos maneras:

- Seguir inmediatamente con el uso de cámara 1, depositando las excretas nuevas sobre el lecho de material ya descompuesto. Como el volumen útil está reducido, esto significa ciclos de cambio de cámaras siempre más cortos.
- Abrir la tapa exterior de la cámara y extraer el material, que por haber "reposado" durante un ciclo completo de uso está en condiciones secas,

inodoras e higiénicas y puede ser aprovechado como mejorador de suelos o abono en huerto, jardín o bajo árboles.



TerritorioSur® proporciona asesorías en la construcción de un baño ecológico y venta de tazas separadoras. Para mayor información consultar las referencias.

## Sistema de Captación y suministro de agua

Con base a lo anteriormente explicado, el sistema de captación de agua de lluvia para el baño de las aulas abiertas se puede estructurar de la siguiente manera:

1. Se escogió un techo tipo cuenca en forma de V, puede construirse con láminas de zinc o con concreto, lo importante es que en ambos casos se debe impermeabilizar para evitar la pérdida de agua. El techo debe contar con una canaleta ubicada en el centro del mismo, inclinada y cubierta en la parte superior con una malla a fin de retener los sólidos de mayor tamaño. En el extremo inferior de la canaleta se encuentra una tubería que conduce el agua a un tanque de filtrado.
2. El tanque de filtrado será tipo cilindro con un volumen aproximado de 20 litros y una altura de 60 cm, el cual cuenta con un sistema de filtrado por malla. Es importante señalar que esta malla debe tener un tamaño de rejilla tal que no puedan penetrar insectos y debe estar colocada a 20 cm de la parte superior del tanque de filtrado. Adicionalmente, el tanque se conecta con el tanque de almacenamiento a través de un tubo colocado a 30 cm de la parte superior del tanque de filtrado. Esto con el fin de asegurar que el agua que se recolecta en el tanque de almacenamiento sea lo más clarificada posible. Este tubo, además de conectarse con el tanque de almacenamiento, tiene un sistema de purga en caso de que el tanque de almacenamiento se llene por completo.
3. El tanque de almacenamiento será de forma cilíndrica y puede ser construido con concreto, polipropileno o láminas de metal. Es importante evitar las filtraciones en este tanque. Debe ser impermeabilizado para evitar filtraciones. Puede ubicarse en la parte trasera del baño debajo del techo recolector
4. Se puede instalar un lavamanos externo al baño y empotrado en la parte trasera del mismo. Dicho lavamanos estará conectado al tanque de almacenamiento mediante una tubería y el agua será impulsada mediante una bomba hidráulica aspirante, la cual estará ubicada en la parte superior del lavamanos. El agua que se vierte en el lavamanos se llevará a través de una tubería hasta la tubería de disposición de las aguas grises.

Para el área de captación del agua, se propone que el techo tipo cuenca tenga dos metros por un metro en cada lado de la "V" dando un total de cuatro metros cuadrados.

Para calcular el volumen del tanque de almacenamiento hay que tomar en cuenta la cantidad de lluvia promedio que hay en el lugar donde se instalará el recolector de agua, los datos de pluviosidad de la Universidad Simón Bolívar estiman la cantidad de lluvia anual promedio en 1000mm por año, lo que equivale

a 1000 L por metro cuadrado. Al tener un área de captación de  $4 \text{ m}^2$ , tendríamos la capacidad de recolectar 4000 L de agua al año, que es lo mismo que  $4 \text{ m}^3$  de agua.

Por último al ser el tanque de forma cilíndrica su volumen es:

$V = \pi * h * r^2$ , siendo  $\pi = 3,1416$ , h la altura y r el radio de la circunferencia de la tapa del cilindro. Podemos calcular las medidas del tanque para almacenar los  $4 \text{ m}^3$  de agua, lo que nos daría para un tanque de  $h = 1.5 \text{ m}$ , un  $r = 1 \text{ m}$ .

## Bibliografía

(UNATSABAR), U. d. (Enero de 2001). *www.maslibertad.com*. Recuperado el 05 de Julio de 2010, de [www.maslibertad.com/huerto/AguaLluvia.pdf](http://www.maslibertad.com/huerto/AguaLluvia.pdf)

Burbano de Ercilla, S., Burbano García, E., & Gracia Muñoz, C. (2006). *Física General*. Madrid: Tébar.

Eco Loo. (s.f.). *Eco Toilet-Waterless Toilet-Composting Toilet*. Recuperado el 5 de Julio de 2010, de <http://www.bemoci.co.za/ELoo.htm>

Garduño, M. A., & Martínez, J. J. (8 de Agosto de 2007). MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA PARA CENTROS URBANOS. *DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA*. Montecillo, Estado de México, México: Primera.

Jenkins, J. (2005). *THE HUMANURE HANDBOOK*. Grove City: Chelsea Green Publishing.

TerritorioSur. (s.f.). *www.sanitario-ecologico.com*. Recuperado el 5 de Julio de 2010, de [www.sanitario-ecologico.com/sanitarioecologico.html](http://www.sanitario-ecologico.com/sanitarioecologico.html)

Tilley, E., Luthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., & Schertenleib, R. (2008). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*.

Winblad, U., Esrey, S., Gough, J., Simpson-Hébert, M., & Vargas, J. (1999). *SANEAMIENTO ECOLÓGICO*. México: Fundación Friedrich Ebert-México.